

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-111206

(43)公開日 平成5年(1993)4月30日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 2 K 3/40  
3/34  
15/12

識別記号

庁内整理番号

7346-5H  
B 7346-5H  
D 8325-5H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平3-260243

(22)出願日 平成3年(1991)10月8日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 森 興次

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

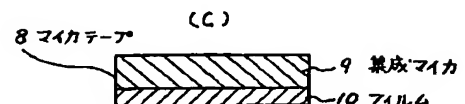
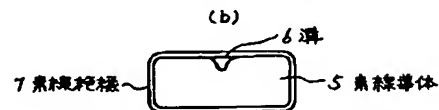
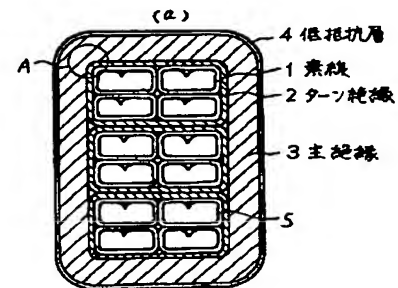
(74)代理人 弁理士 則近 憲佑

(54)【発明の名称】 高圧回転電機用絶縁樹脂含浸コイル

(57)【要約】

【目的】 複数の素線を束ねコイル導体を形成した上にターン絶縁、主絶縁を介して低抵抗層を設けた高圧回転電機用の絶縁樹脂含浸コイルにおいて、特に素線導体の樹脂含浸性を改良し優れた絶縁特性の絶縁樹脂含浸コイルを提供する。

【構成】 本発明においては、少なくとも一辺に長手方向の溝6を持つ面取りされたほぼ矩形の断面を有する平角銅線にて素線導体5を形成する。また前記素線の絶縁7を硬質焼成タイプの集成マイカ9に補強材としてフィルム10を貼合わせたマイカテープ8を巻付けて形成する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の素線を束ねてコイル導体を形成し、その上にマイカテープを巻付け、低抵抗層を介して鉄心の溝に挿着する高圧回転電機用絶縁樹脂含浸コイルにおいて、

前記素線導体を少なくとも一辺に長手方向の溝を持つ面取りされたほぼ矩形の断面を有する平角銅線で形成したことを特徴とする高圧回転電機用絶縁樹脂含浸コイル。

【請求項 2】 前記素線の絶縁が硬質焼成タイプの集成マイカに補強材としてフィルムを貼合わせたマイカテープを巻付けたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の高圧回転電機用絶縁樹脂含浸コイル。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は高圧回転電機に使われる絶縁樹脂含浸コイルに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図 2 に示す従来の高圧回転電機に使われる絶縁樹脂含浸コイルは、一般に次の工程でつくられる。

(1) コイル導体の成形：素線 1 は素線絶縁が施された平角銅線からなり、これを束ねて、台形や亀甲形に成形する。

(2) ターン絶縁：マルチターンコイルでターン間電圧が高い場合には、1 ターンの素線束（図 4 では素線 1 が 4 本）の周囲にマイカテープを巻付けターン絶縁 2 を施す。

(3) 主絶縁：ターン絶縁 2 したコイル導体を 1 溝分重ねて、その外周にマイカテープを巻回して主絶縁 3 を施す。

(4) コロナ防止対策：鉄心の溝に埋められる部分にカーボンを含浸させたガラスクロスなどを巻付けて低抵抗層 4 を形成する（但し、コイル単体で絶縁樹脂を含浸するときは後述する（6）項の工程の後に行うときもある）。

(5) 含浸：含浸槽に入れた真空引き後、樹脂を注入して加圧含浸する。

(6) 加熱硬化：加熱炉に入れて所定の温度・時間加熱し、含浸樹脂などを硬化させる。

【0003】 上記素線 1 には普通、面取りされた矩形断面を持つ平角銅線にガラス繊維を巻き付けた後、絶縁ワニスを塗布して加熱硬化したガラス巻線が用いられるが、コイルに高い絶縁特性が要求される場合には、平角銅線の周りにマイカテープを巻回したマイカ巻線が用いられる。この場合のマイカテープには、集成マイカに補強材としてフィルムを接着剤で貼合わせたものが用いられるが、このうち、集成マイカには焼成マイカと無焼成マイカとがある。前者は絶縁耐力は高いが含浸性が悪く、後者は逆に絶縁耐力は低いが含浸性がよいという特徴がある。主絶縁に用いられるマイカテープの場合には、

2

両者の長所を生かすため、次の二つの方法が採られている。

(イ) 集成マイカに焼成マイカと無焼成マイカを適当な比率で混ぜ抄造したものを使う方法（例えば特公昭 55-46004 号公報、実開昭 58-85007 号公報参照）。

【0004】 (ロ) 図 3 のように主絶縁を主絶縁内層 3a と主絶縁外層 3b に分けて、内層には焼成マイカテープを、外層には無焼成マイカテープを使う方法（特開昭 60-128843 号公報）や、更に 3 分割して、内外層に焼成マイカテープを、中間層に合成繊維を混抄した無焼成マイカテープを使う方法（特開昭 60-13445 号公報参照）がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、これら方法を素線絶縁に採用する場合には、次のような不具合が生ずる。まず（イ）の方法では、絶縁耐力と含浸性は混合比以上にはならず、絶縁耐力および含浸性を同時に改善することは困難である。また、（ロ）の方法では、絶縁耐力は向上するが、素線絶縁を十分に含浸することはできない。その理由は、（ロ）の方法を主絶縁に採用した場合には、束ねられた素線の角部に空間が形成され、これが絶縁樹脂を含浸するパスになるため、含浸が主絶縁外層側と主絶縁内層側の両側から進み、主絶縁内層側の含浸性はそれほど悪くならないが、素線絶縁では、含浸が素線表面からしか進まないため、含浸性の悪い焼成マイカが素線絶縁内側にある場合には、この焼成マイカ層を含浸できないおそれがある。このため、これまでのマイカ巻線では、集成マイカに絶縁樹脂を十分に含浸させるため、絶縁耐力の低い無焼成マイカを使用せざるを得なかった。

【0006】 本発明の目的は、素線絶縁に巻回するマイカテープの集成マイカとして、絶縁耐力の高い焼成マイカを用い、且つ素線絶縁の含浸性を改良して優れた絶縁特性の回転電機用絶縁樹脂含浸コイルを得ることにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は、複数の素線を束ねたコイル導体を形成し、その上にマイカテープを巻付け低抵抗層を介して鉄心の溝に挿着する高圧回転電機用絶縁樹脂含浸コイルにおいて、素線導体を少なくとも一辺に長手方向の溝を持つ面取りされたほぼ矩形の断面を有する平角銅線で形成する。

【0008】 また、マイカテープとして硬質焼成タイプの集成マイカに補強材としてフィルムを貼合わせたものを用い、集成マイカが内側となるように素線導体に巻付ける。

## 【0009】

【作用】 本発明は上記のように構成されており、束ねられた素線の外側にターン絶縁（ターン間電圧が高い場合のみ施す）と主絶縁が施され、低抵抗層を介して鉄心溝

3

に挿着された後、絶縁樹脂が含浸されて硬化される高圧回転電機の絶縁樹脂含浸コイルにおいて、素線導体に長手方向に溝を付け、且つ素線絶縁には、焼成タイプの集成マイカとフィルムとを貼合わせたマイカテープを集成マイカが内側となるように素線導体に巻付けたので絶縁樹脂の含浸性が良好で絶縁性が向上する。

【0010】

【実施例】以下、本発明の回転電機用絶縁樹脂含浸コイルの一実施例を図面を用いて説明する。

【0011】図1は本発明の一実施例の回転電機用樹脂含浸コイルを示すもので、(a)はその断面図、(b)はそのコイルに用いる素線の断面図、(c)は同図

(a)において素線導体に巻き付けるマイカテープで次のようにして製造した。

【0012】まず、素線導体5は、丸線に加工した銅線をダイスを通して、その断面を面取りされた矩形の平角銅線に加工するが、この際、ダイスの面に凸部を付けておき、素線導体5に図1(b)のように溝6を付ける。実施例では、溝6として幅1mmで、深さ0.86mmの角部を丸めた三角形の溝を平角銅線の幅の広い面の中央に1本だけを銅線長手方向に形成した。

【0013】次に図1(c)に示すように、素線導体5に巻付けるマイカテープ8は、集成マイカ9とフィルム10を貼着機にかけて接着し、乾燥させてマイカシートを得、このマイカシートを長手方向に切断して得たもので、集成マイカ9には、アラミッドフィブリッドを0.5〜7重量%混抄した平均厚さ0.1mmの硬質焼成マイカを用い、フィルム10には、厚さ0.025mmのポリエステルフィルムを用いた。また接着剤に用いた接着剤の量は1〜10重量%とした。素線1には、素線導体5に、厚さ0.15mm、幅10mmに切断したマイカテープ8を1/8重巻3回巻いて素線絶縁7を形成したものをマイカ巻線として用いた。次に、この素線1を複数本束ねコイル導体としたが、図1の実施例では、素線1に付けた溝6の位置を全て上向きとした。

【0014】次に、素線1をターン毎にまとめ、各ターンにマイカテープを1/2重巻1回巻いてターン絶縁2を形成し、次にターンの外周にマイカテープを1/2重巻5回巻いて主絶縁3とし、最後にコイル長手方向の中央部付近に長さ350mmにわたって低抵抗層4を形成した。なお、ターン絶縁2についてはターン間電圧が低い場合には省略することができる。また、ターン絶縁および主絶縁に巻回したマイカテープには、素線絶縁7に巻付けたマイカテープ8とは異なる厚さ0.13mm、幅25mmのガラスクロスで補強されたアラミッドフィブリッド混抄焼成マイカテープを用いた。次に図示はしないが、低抵抗層4の外側に鉄板による模擬スロットを取り付けた後、このモデルコイルをエポキシ含浸レジンで真空加圧含浸後、加熱硬化した。

【0015】また、比較例1として、マイカ巻線のマイ

4

カテープとして厚さ0.1mmの硬質無焼成マイカと厚さ0.025mmのポリエステルフィルムを実施例と同様にして貼着してマイカテープを得、溝のない素線導体に巻き付けてマイカ巻線とし、これで実施例と同様なモデルコイルを製作した。

【0016】次に比較例2として、マイカ巻線のマイカテープとして実施例と同じマイカテープ8を用い、これを溝のない素線導体に巻き付けてマイカ巻線とし、これで実施例と同様なモデルコイルを製作した。次に図1を参照して、この回転電機用絶縁含浸コイルの作用を説明する。

【0017】回転電機コイルの電氣的劣化と絶縁破壊機構は、電界の高い部分からトリートと称する炭化導電路がマイカ絶縁層内の弱点を縫って進展し、ついに絶縁層を貫通するために生ずる。図1(a)のコイルにおいて、素線1の角部のA部が電界の最大となる点であるが、この近傍の素線導体から発生したトリートは、まず素線絶縁に巻付けたマイカテープの集成マイカに突き当たる。もしこの集成マイカの絶縁耐力が低い場合には、トリートが集成マイカを貫通方向に容易に進展し、絶縁破壊が開始する。しかし、本発明では、集成マイカとして無焼成マイカより絶縁耐力の高い焼成マイカを配置しているため、トリートが集成マイカを貫通するのに時間がかかり、絶縁層の絶縁耐力は向上して課電寿命は延びる。

【0018】次に耐熱性であるが、同じ含浸レジンでもアラミッドフィブリッド混抄マイカテープを用いた絶縁は、アラミッドフィブリッドを混抄しないマイカテープに比べて耐熱寿命が2〜3倍長い(H.Mitsui et al, Improvement of Rotating Machinery Insulation Characteristics by Using Fibrid Mika Paper, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-18, pp. 651-656, 1983. 参照)。本実施例では、最も温度の高くなる素線絶縁にアラミッドフィブリッド混抄マイカテープを配置したことで耐熱性が向上する。

【0019】次に素線絶縁の含浸性については、浸透性の良いアラミッドフィブリッド混抄マイカを集成マイカとして用いたこと、また含浸性を改良するため、平角銅線表面に溝を付け、平角銅線表面に含浸の際に含浸レジンが通るパスを確保したこと、集成マイカに含浸性の悪い焼成マイカを用いても無焼成マイカと同程度の含浸性が確保できる。図1に示す実施例では、平角銅線の幅の広い面に溝を1本だけ形成したが、溝を付ける位置は平角銅線の幅の広い面であっても狭い面であっても構わない。また溝を付ける面は1つとは限らず、複数の面に付けても構わない。また1つの面に付ける溝の本数も1本とは限らず、複数本にしても良く、溝の本数が多いほど含浸性は向上する。一方、溝の形は三角形の他、多角形でもまた円弧でも構わないが、その溝部で電界集中が起こらないように尖った部分の面取りを行うなどの配慮をすべきである。また、溝の大きさについては、素線

10

20

30

40

50

5

角部の面取りの寸法と同程度が良く、溝の断面積は  $0.2 \sim 2.0\text{mm}^2$  程度が望ましい。もし溝の断面積が  $2.0\text{mm}^2$  を超える場合には、導体の占積率が悪くなるため、回転電機が大型化したり、運転温度が高くなったり、また溝に含浸された樹脂が流出してボイドとなる可能性もあるため、絶縁欠陥になりやすい。一方、溝が小さく  $0.2\text{mm}^2$  以下の場合には、十分な含浸パスとはならず、素線絶縁を十分に含浸できなくなる恐れがある。

【0020】また、素線は複数本束ねてコイル導体を形成する際、図1に示す実施例では溝6の向きを全て上向きに揃えたが、必ずしも溝の向きは揃える必要はない。しかし、含浸した樹脂がこの溝6から流出し、そこがボイドになるおそれがある場合には、そのボイドでの部分放電劣化を防止するため、溝6の位置は回転電機の運転時に高い電界が加わる場所は避け、素線1同士が向き合う面に配置した方がよい。

【0021】次にアラミッドフィブリッド混抄マイカ中のアラミッドフィブリッド量を  $0.5 \sim 7$  重量%にした理由は次の通りである。アラミッドフィブリッドは  $0.5\%$  程度でもマイカ鱗片を捕捉し、引っ張り強さを高め、耐熱性を向上する作用がある。但し、これ以下ではマイカ鱗片の捕捉効果、耐熱性向上効果が低くなり、含浸レジン

6

\*る。従ってアラミッドフィブリッド量は  $0.5 \sim 7$  重量%が良い。

【0022】次に、マイカテープ中の接着剤量を  $1 \sim 10$  重量%とした理由は次の通りである。この接着剤の作用は集成マイカと補強材との接着であるが、接着剤量が  $1\%$  未満のときには接着が不十分となり、作業性が悪くなる。また、接着剤量が  $10\%$  を越えると、含浸工程で含浸レジンがマイカ層を浸透しにくくなり、含浸時間が長くなる。従って  $1 \sim 10$  重量%が最適である。

10 【0023】また、実施例ではマイカテープの補強材としてポリエステルフィルムを用いたが、これはポリエステルフィルムが機械的強度、絶縁耐力、耐熱性に優れている上に安価なためである。もし、ポリエステルフィルムより高い耐熱性が要求されるような場合にはポリイミドフィルム等の耐熱性フィルムを用いることもできる。

【0024】また、本発明の絶縁効果を調査するために実施例と比較例のモデルコイル各5本に以下の劣化ストレスを与えた後、絶縁層の残存破壊電圧を求めた。劣化ストレスとしては、 $200^\circ\text{C}$ の恒温槽で40日間の熱劣化を行い、それに続いて室温でAC10kV 500Hzの電圧を20日間印加した。各絶縁の種類ごとの、初期破壊電圧、劣化後の破壊電圧の平均値及び破壊電圧の低下率を表1に示す。

20 【0025】

【表1】

	初期破壊電圧	劣化後の破壊電圧	破壊電圧の劣化率
実施例	61 kV	42 kV	31 %
比較例1	58 kV	32 kV	45 %
比較例2	64 kV	34 kV	47 %

【0026】実施例の初期破壊電圧は比較例2より低い。劣化後の破壊電圧は最大であり、初期値に対する低下率は最小である。即ち、実施例は、熱と電圧劣化に最も強い。

【0027】次に含浸性を調査するため、試料を含浸処理タンク内に入れ、4時間の真空引き後、6ボアズの含浸レジンを含浸処理タンク中に入れ、 $5\text{kg}/\text{cm}^2$  Gの空気圧で3時間加圧した。その後、試料を含浸タンクから出して絶縁層をナイフで切り、マイカ巻線中の含浸レジンの含浸状態を調べたところ、実施例と比較例1はマイカ巻線の絶縁層全てが完全に含浸していたのに対し、比較例2は、マイカ巻線の集成マイカには含浸の不十分な部分がかなりあった。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明の回転電機用絶縁樹脂含浸コイルによれば、以下に示すような効果が得られる。

40 (1) 素線絶縁に絶縁特性の優れた硬質焼成マイカを配置したので、絶縁耐力の優れたコイルを得ることがきる。

(2) 温度が最も高くなる素線近傍の絶縁に耐熱性の優れたアラミッドフィブリッド混抄マイカを配置したので、耐熱性の優れたコイルを得ることができる。

【0029】(3) マイカ巻線の集成マイカには含浸性の優れたアラミッドフィブリッド混抄マイカを配置し、且つ素線導体に含浸のための溝を付けたため、絶縁樹脂によるマイカ巻線の含浸が素線表面からだけでなく、導体側からも含浸樹脂が浸透して行くため、マイカ巻線の

50

7

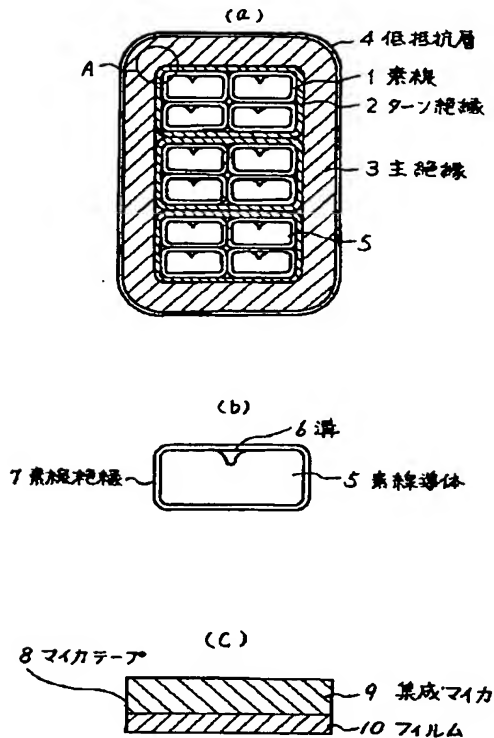
含浸が良好となり、素線絶縁の集成マイカとして絶縁特性の優れた焼成マイカを使用することができ、コイルの絶縁特性が向上する。

【図面の簡単な説明】

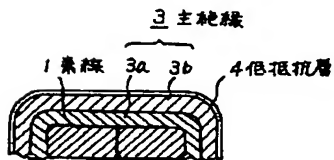
【図1】本発明の回転電機用絶縁樹脂含浸コイルの一実施例を示すもので、(a)はその断面図、(b)はそのコイルに用いる素線の断面図、(c)は素線導体に巻付けるマイカテープの断面図

【図2】従来の回転電機用絶縁樹脂含浸コイルの断面図 \*

【図1】



【図3】



8

\* 【図3】図2とは異なる従来の回転電機用絶縁樹脂含浸コイルの断面図

【符号の説明】

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1…素線      | 2…ターン絶縁   |
| 3…主絶縁     | 3 a…主絶縁内層 |
| 3 b…主絶縁外層 | 4…低抵抗層    |
| 5…素線導体    | 6…溝       |
| 7…素線絶縁    | 8…マイカテープ  |
| 9…集成マイカ   | 10…フィルム   |

【図2】

